

JC10 Rec'd PCT/PTO 21 DEC 2005

**Pneumatischer Träger**

Die vorliegende Erfindung betrifft einen pneumatischen Träger nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

5 Pneumatische Träger in der Form von aufblasbaren Hohlkörpern sind mehrere bekannt geworden, so beispielsweise aus US 3,894,307 (D1) und aus WO 01/73245 (D2) des gleichen Anmelders wie die vorliegende Erfindung. Wird ein solcher Träger transversal belastet, so liegt die zu lösende Aufgabe vor allem darin, die auftretenden Zug- und Schubkräfte aufzunehmen,  
10 ohne dass der Träger einknickt.

In D2 werden die axialen Druckkräfte durch einen Druckstab aufgenommen, während die axialen Zugkräfte durch zwei spiralförmig um den Hohlkörper gewundene und an den Druckstabenden  
15 befestigte Zuelemente aufgenommen werden. Der pneumatische Teil der dort beschriebenen Bauelemente hat die Aufgabe, die Druckstäbe gegen Ausknicken zu stabilisieren.

In D1 werden mehrere Hohlkörper parallel zusammengefasst zu einer Brücke. Die Zugkräfte werden dabei durch eine flexible,  
20 alle Hohlkörper umfassende Hülle aufgenommen, die Druckkräfte durch die aus Elementen aneinandergereihte Brückenplatte. Die Elemente sind seitlich an der die Hohlkörper umfassenden Hülle befestigt und werden so gegen Ausknicken gesichert.

D2 ist das der vorliegenden Erfindung am nächsten liegende  
25 Dokument. Das in D2 offenbarte pneumatische Bauelement weist mindestens zwei, aufgrund ihrer Windung um den Hohlkörper im Vergleich zur Länge des Bauelementes relativ lange Zuelemente auf. Dies führt unter Belastung zu grösserer Durchbiegung als bei Verwendung kürzerer Zuelemente. Zudem bedingen die  
30 oben am Bauelement und nicht am äussersten Ende desselben liegenden Knoten zur Aufnahme der Auflagekräfte relativ aufwändige Auflagerkonstruktionen bei Verwendung als Träger. In D1 ist das Zuelement eine grossflächige Hülle welche nur begrenzt Zugkräfte aufnehmen kann und nur mit grossem technischem Aufwand gespannt werden kann.  
35

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung von pneumatischen Trägern mit Zug- und Druckelementen, welche eine grosse Biegesteifigkeit aufweisen, einfach und

kostengünstig hergestellt, leicht zu komplexeren Bauteilen und Bauten wie Dächern und Brücken zusammengefügt werden können, deren Aufrichtung sehr schnell erfolgen kann und die zudem auf einfache Art und Weise mit konventionellen Baukonstruktionen verbunden werden können.

Die Lösung der Aufgabe ist wiedergegeben im kennzeichnenden Teil des Anspruches 1 hinsichtlich ihrer wesentlichen Merkmale, in den folgenden Ansprüchen hinsichtlich weiterer vorteilhafter Ausbildungen.

10 Anhand der beigefügten Zeichnungen wird der Erfindungsgegenstand mittels mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen

15 Fig. 1a,b eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels eines pneumatischen Trägers in Seitenansicht und im Querschnitt,

20 Fig. 2a,b eine schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels eines pneumatischen Trägers in Seitenansicht und im Querschnitt,

25 Fig. 3a,b eine schematische Darstellung eines dritten Ausführungsbeispiels eines pneumatischen Trägers als Isometrie und im Querschnitt,

30 Fig. 4a,b eine schematische Darstellung eines vierten Ausführungsbeispiels eines pneumatischen Trägers in Seitenansicht in aufgerolltem und aufgeblasenem Zustand,

Fig. 5 eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels der kraftschlüssigen Verbindung der Druck/Zugelemente in Seitenansicht,

35 Fig. 6 eine schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels der kraftschlüssigen Verbindung der Druck/Zugelemente in Seitenansicht,

- Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines Druck/Zugelementes in Draufsicht,
- Fig. 8-10 schematische Darstellungen dreier Ausführungsbeispiele der Hohlkörperform in Seitenansicht,
- Fig. 11-13 schematische Darstellungen dreier Ausführungsbeispiele für in mehrere Druckkammern unterteilte Hohlkörper im Längsschnitt,
- Fig. 14 eine schematische Darstellung eines fünften Ausführungsbeispiels eines pneumatischen Trägers in Seitenansicht,
- Fig. 15a-c eine schematische Darstellung eines ersten Anwendungsbeispiels für die Verbindung mehrerer pneumatischer Träger.
- Fig. 1 ist eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels des Erfindungsgedankens. Ein Träger 1 besteht aus einem gegen die Enden hin spitz zulaufenden, langgestreckten Hohlkörper 2, einem Druckstab 3 und einem Zugelement 4. Der Hohlkörper 2 wird durch eine Hülle 7 aus gasdichtem flexiblem dehnungsarmem Material gebildet. Da diese Eigenschaften nur schwer in einem Material vereint werden können, wird der Hohlkörper 2 vorteilhafterweise aus einer äußeren dehnungsarmen flexiblen Hülle 7 und einer inneren gasdichten, elastischen Blase aufgebaut. Der Hohlkörper 2 lässt sich über ein Ventil 6 mit Druckgas beaufschlagen. Sowohl der Druckstab 3 als auch das Zugelement 4 liegen entlang einander diametral entgegengesetzter Mantellinien des Hohlkörpers 2 an diesem an. Der Druckstab 3 wird mit geeigneten Mitteln längs dieser Mantellinie mit dem Hohlkörper 2 kraftschlüssig verbunden. Dies kann beispielsweise mittels Kederverbindung, Taschen oder mehreren den Hohlkörper 2 umspannenden Bändern erfolgen. Die Enden des Zugelementes 4 sind kraftschlüssig an den Enden des Druckstabes 3 befestigt. Dieses erste Ausführungsbeispiel eines pneumatischen Trägers 1 ist für Anwendun-

gen geeignet, bei welchen Druckkräfte lediglich in eine Richtung auf den Träger 1 wirken. Beispielsweise gilt dies im Wesentlichen für einen Brückenträger, auf welchen die Gewichtskraft des Eigengewichts der Brücke und die Nutzlast ausgeübt wird. Druckstab 3 und Zugelement 4 liegen in der Wirkebene des Lastvektors, welcher auf den Druckstab 3 wirkt und in Richtung Zugelement 4 zeigt. Der Hohlkörper 2 verhindert ein Ausknicken des Druckstabes 3, wodurch das Material des Druckstabes 3 bis zur Fließsgrenze belastet werden kann. Diese liegt bei einer wesentlich höheren Kraft als die Knicklast eines Stabes. Zudem trennt der Hohlkörper 2 den Druckstab 3 und das Zugelement 4 räumlich voneinander. Eine derartige Konstruktion zeichnet sich durch geringen Materialverbrauch und geringes Gewicht bei hoher Belastbarkeit aus. Fig. 1a zeigt eine Seitenansicht, und Fig. 1b zeigt den Schnitt AA. Fig. 2 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel eines pneumatischen Trägers 1, wie er beispielsweise für Dachkonstruktionen verwendet werden kann. Bei starkem Wind können auf Bereiche eines Daches starke Sogkräfte ausgeübt werden, welche die Lastkräfte in vertikaler Richtung mehr als kompensieren. Dies führt beim so verwendeten Träger 1 zu einer Umkehr der Kraftwirkung. In Fig. 2 wurde das unten liegende ausschliessliche Zugelement 4 von Fig. 1 durch ein Druck/Zugelement 5 ersetzt; ein Element also, welches sowohl Druck- als auch Zugkräfte aufnehmen kann. Der einfachste und gebräuchlichste Fall eines Druck/Zugelementes 5 ist ein zweiter Druckstab 3. Beispielsweise kann ein solcher Stab aus Stahl oder Aluminium gefertigt werden, da diese Materialien ähnlich gute Zug- wie Druckeigenschaften besitzen. Materialien mit guten Druck- aber ungenügenden Zugeigenschaften können hingegen mit Zugseilen vorgespannt werden, womit sie auch für die Aufnahme von Zugkräften eingesetzt werden können. Ein Beispiel für ein auf diese Weise zugfester gemachtes Material ist mit Stahlseilen vorgespannter Beton. In Fig. 2 umschliessen zwei Druck/Zugelemente 5 den Hohlkörper 2 entlang zweier diametral entgegengesetzter Mantellinien. Die Druck/Zugelemente 5 sind wiederum an der Mantellinie befestigt um ein Ausknicken unter Last zu verhindern. Die Druck/Zugelemente 5 sind an ihren En-

den miteinander verbunden und dienen je nach Lastrichtung als Zug- oder als Druckelement. Es ist im Erfindungsgedanken enthalten, dass sich die beiden Druck/Zugelemente 5 in ihren Eigenschaften als Druck- resp. Zugelement unterscheiden können. Beispielsweise können die Druck/Zugelemente 5 so gewählt werden, dass das obere grösseren Druckkräften widersteht als das untere. Fig. 2a zeigt eine Seitenansicht, und Fig. 2b zeigt den Schnitt BB.

In Fig. 3 wird ein drittes Ausführungsbeispiel des Erfindungsgedankens dargestellt. In den vorangehenden Beispielen werden die Träger 1 im Wesentlichen in der vertikalen Ebene belastet. Wird ein Träger 1 beispielsweise jedoch vertikal aufgerichtet und als Säule verwendet, so treten die transversalen Kräfte im Wesentlichen nicht mehr ausschliesslich in einer Ebene auf, sondern können von allen Seiten in ähnlicher Grösse auf den Träger einwirken, wie beispielsweise Windkräfte. Um Kräften von allen Seiten widerstehen zu können verfügt der Träger 1 in Fig. 3 über drei Druck/Zugelemente 5, welche gleichmässig um den Querschnitt des Hohlkörpers 2 verteilt sind und wiederum entlang Mantellinien an demselben befestigt sind und an ihren Enden kraftschlüssig miteinander verbunden sind. Bei Verwendung eines solchen Trägers 1 als tragende Säule, wirkt auf ihn zudem eine axiale Last. Im Erfindungsgedanken enthalten sind Ausführungen mit mehr als drei um den Hohlkörper 2 verteilten Druck/Zugelementen 5. Fig. 3a zeigt eine Isometrie, und Fig. 3b zeigt den Querschnitt CC.

In Fig. 4 ist gezeigt, wie ein kompletter Träger 1 mit entleertem Hohlkörper 2, beispielsweise für den Transport oder die Lagerung klein zusammengerollt werden kann, wenn die Druck/Zugelemente 5 aus biegeelastischem Material gefertigt sind. Fig. 4a zeigt den Träger 1 zusammengerollt mit entleertem Hohlkörper 2, und in Fig. 4b ist der einsatzbereite Träger 1 mit druckbeaufschlagtem Hohlkörper 2 in verkleinertem Massstab dargestellt. Träger 1 mit entleerten Hohlkörpern 2 und biegeelastischen Druck/Zugelementen 5 oder Druckstäben 3 können auch gefaltet werden, beispielsweise in S-förmigen Schlägen.



In den Fig. 5 und 6 sind verschiedene Möglichkeiten für die Verbindung der Druck/Zugelemente 5 an den Enden des Trägers 1 dargestellt. In Fig. 5 münden die Druck/Zugelemente 5 in ein Abschlussstück 9, welches beispielsweise das Ende des Hohlkörpers 2 umfassen kann. Im Abschlussstück 9 kann beispielsweise eine Achse 8 befestigt werden, um den Träger in einen Konstruktionsverbund einzufügen; oder das Abschlussstück 9 kann so ausgebildet sein, dass es direkt auf ein Lager gelegt werden kann.

10 In Fig. 6 sind die Enden der Druck/Zugelemente 5 mittels einer Achse 8 verbunden.

Fig. 7 zeigt ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel eines Druck/Zugelementes 5, welches gegen die Enden hin einen breiteren Querschnitt und somit eine höhere Biegesteifigkeit besitzt. Diese Konstruktion des Druck/Zugelementes 5 trägt dem  
15 Umstand Rechnung, dass die Druck/Zugelemente 5 an den Enden des Trägers 1 höhere Biegemomente aufnehmen müssen als in der Mitte des Trägers 1. In Fig. 6 wird die grössere Biegesteifigkeit der Druck/Zugelemente 5 gegen ihre Enden hin mit einem höheren Querschnitt erreicht.  
20

Die Fig. 8-10 zeigen verschiedene Ausgestaltungen des Hohlkörpers 2. Der Querschnitt des Hohlkörpers 2 ist im Wesentlichen über die ganze Länge kreisförmig. Andere oder der Länge nach variierende Querschnitte, beispielsweise eine Abplattung des Hohlkörperquerschnitts für bessere seitliche Stabilität,  
25 sind hingegen ebenfalls im Erfindungsgedanken enthalten. Fig. 8 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines asymmetrischen Hohlkörpers 2 mit grösserer Wölbung auf der Oberseite des Trägers 1 und mit einer flacher gewölbten Unterseite. Träger 1 mit derart geformten Hohlkörpern 2 weisen bei Verwendung als Brückenträger mit einseitiger Belastung eine besonders geringe Durchbiegung auf. Fig. 9 zeigt einen um die Längsachse rotationssymmetrisch ausgeführten Hohlkörper 2. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um eine zylindrische Röhre mit zugespitzten Enden. Der Hohlkörper 2 in Fig. 10 weist im Längs-  
30 schnitt eine Tropfenform auf.

In den Fig. 11-13 sind verschiedene Ausführungsbeispiele mit in mehrere Kammern 10 unterteilte Hohlkörper dargestellt. In

Fig. 11 ist der Hohlkörper quer zur Längsachse in mehrere Kammern 10 unterteilt, welche den ganzen Querschnitt des Hohlkörpers 2 einnehmen. Diese Kammern 10 können mit unterschiedlichen Drucken beaufschlagt werden. Im Beispiel dargestellt ist eine Variante mit drei Druckregimen. Es gilt:  $P_0 < P_1 < P_2 < P_3$ . Die Drücke nehmen gegen die Enden des Trägers 1 hin zu. In Fig. 12 ist der Hohlkörper 2 in mehrere im Wesentlichen zur Längsrichtung parallele Kammern 10 unterteilt, welche sich im Wesentlichen über die ganze Länge des Hohlkörpers 2 erstrecken. Fig. 13 zeigt eine Kombination von längs- und quergeteilten Kammern 10. Den Ausführungsbeispielen in Fig. 11-13 ist gemeinsam, dass der Hohlkörper aus einer flexiblen, dehnungsarmen Hülle 7 besteht, beispielsweise aus aramid-armiertem Gewebe. In diese wenig dehnbare Hülle 7 sind mehrere Blasen 11 aus dehnbarem, gasdichtem Material eingelegt. Zusätzlich können in die äussere Hülle 7 eingelassene Webs 12 dazu dienen, die Position der druckbeaufschlagten Blasen 11 im Wesentlichen festzulegen und Verschiebungen dieser Blasen 11 innerhalb der Hülle 7 zu verhindern. Dies ist zur Veranschaulichung auf einer Seite des Trägers 1 in Fig. 11 dargestellt. Es ist jedoch auch denkbar und erfindungsgemäss eine gasdichte Hülle 7 mit gasdichten Webs 12 in mehrere Kammern 10 zu unterteilen, wie in Fig. 12, 13 dargestellt. Fig. 14 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel des Erfindungsgedankens. Ein Träger 1 wie in Fig. 2 beschrieben ist bogenförmig nach oben gekrümmt und weist somit eine konkave Unterseite und eine konvexe Oberseite auf. Die Distanz der beiden Enden des Trägers 1 kann entweder durch Einspannen der Enden in Widerlager oder mittels eines äusseren Zugelementes 14 im Wesentlichen fixiert werden. Bei Belastung dieses Trägers 1 von oben werden die beiden Druck/Zugelemente 5 auf Druck beansprucht, während die Zugkräfte von den Widerlagern oder dem Zugelement 14 aufgenommen werden.

In Fig. 15a-c wird ein Anwendungsbeispiel von pneumatischen Trägern 1 zum Bau einer Brücke gezeigt. Zwei Träger 1 in der Ausführung gemäss Fig. 1 werden mittels einer diese verbindenden, auf den Druckstäben 3 aufliegenden Fahrbahnkonstruktion 13 zu einer Leichtbau-Brücke vereint. Dem Fachmann sind

verschiedene Möglichkeiten bekannt, wie eine solche Fahrbahn zum Beispiel mit faserverstärkten Kunststoffen in Sandwich-Bauweise hergestellt werden kann. Es wird daher an dieser Stelle nicht näher darauf eingegangen. Fig. 15a zeigt die

5 Brücke in Draufsicht, Fig. 15b zeigt den Schnitt DD und Fig. 15c zeigt den Schnitt EE.



**Patentansprüche**

1. Pneumatischer Träger (1)
  - mit einem gasdichten und durch Druckgas beaufschlagbaren langgestreckten Hohlkörper (2) aus flexiblem Material,
  - ferner mit mindestens zwei Druck/Zugelementen (5),  
dadurch gekennzeichnet, dass
  - diese Druck/Zugelemente (5) längs einer Mantellinie des Hohlkörpers (2) an diesem anliegen und kraftschlüssig mit ihm verbunden sind,
  - der Hohlkörper (2) gegen seine beiden Enden hin eine sich zuspitzende Form aufweist,
  - die mindestens zwei Druck/Zugelemente (5) an ihren Enden kraftschlüssig miteinander verbunden sind.
2. Pneumatischer Träger (1) nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei Druck/Zugelemente (5) rotationssymmetrisch um den Hohlkörper (2) herum angeordnet sind.
3. Pneumatischer Träger (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eines der mindestens zwei Druck/Zugelemente (5) lediglich Zugkräfte aufnehmen muss und daher als Zugelement (4) ausgebildet ist, und mindestens eines der mindestens zwei Druck/Zugelemente (5) nur Druckkräfte aufnehmen muss und daher als Druckstab (3) ausgebildet ist, wobei dieser mindestens eine Druckstab (3) längs einer Mantellinie des Hohlkörpers (2) kraftschlüssig an diesem befestigt ist und wobei er an seinen beiden Enden mit mindestens einem Zugelement (4) kraftschlüssig verbunden ist.
4. Pneumatischer Träger (1) nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Druckstab (3) längs einer einem Zugelement (4) diametral entgegengesetzten Mantellinie des Hohlkörpers (2) verläuft und an diesem Hohlkörper (2) kraftschlüssig befestigt ist.

5. Pneumatischer Träger (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlkörper (2) entlang der Längsachse im Wesentlichen kreisförmige Querschnitte aufweist.
6. Pneumatischer Träger (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlkörper (2) im Wesentlichen quer zur Längsachse in mehrere mit Druck beaufschlagbare Kammern (10) unterteilt ist, wobei diese Kammern (10) sich im Wesentlichen über den ganzen Querschnitt des Hohlkörpers (2) erstrecken.
7. Pneumatischer Träger (1) nach Patentanspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kammern (10) unterschiedliche Druckregime aufweisen und gegen die Enden des Hohlkörpers (2) hin mit höheren Drucken beaufschlagt werden als in der Mitte des Hohlkörpers (2).
8. Pneumatischer Träger (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlkörper (2) in mehrere im Wesentlichen parallel zur Längsachse liegende, mit Druck beaufschlagbare Kammern (10) unterteilt ist, wobei diese Kammern (10) sich im Wesentlichen über die ganze Länge des Hohlkörpers (2) erstrecken.
9. Pneumatischer Träger (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass an beiden Enden Abschlussstücke (9) vorhanden sind, an welchen Druckstäbe (3), Zuelemente (4) und Druck/Zuelemente (5) kraftschlüssig befestigt sind.
10. Pneumatischer Träger (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Druck/Zuelemente (5) biegeelastisch sind und der Träger (2) im nicht druckbeaufschlagten Zustand zusammengerollt oder zusammengefaltet werden kann.

11. Pneumatischer Träger (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Befestigung der Druck/Zugelemente (5) am Hohlkörper (2) mittels
- mehrerer um den Hohlkörper (2) herumführender, und an
  - 5 den Druck/Zugelementen (5) befestigten Bändern oder
  - mittels Taschen, in welche die Druck/Zugelemente (5) eingeführt werden, oder
  - mittels Kederverbindungen
- hergestellt wird.
- 10
12. Pneumatischer Träger (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlkörper (2) aus einer äusseren Hülle (7) und mindestens einer darin eingelegten inneren Blase (11) besteht, wobei die äussere
- 15 Hülle (7) aus flexiblem und dehnungsarmem Material und die innere Blase (11) aus einer luftdichten elastischen Membran gefertigt ist.
13. Pneumatischer Träger (1) nach einem der Patentansprüche 6 bis 8 und 12, dadurch gekennzeichnet, dass die äussere
- 20 Hülle (7) des Hohlkörpers mit Webs (12) in mehrere Kammern (10) unterteilt ist.
14. Pneumatischer Träger (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (1) eine bogenförmige Form aufweist.
- 25
15. Pneumatischer Träger (1) nach Patentanspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Enden des bogenförmigen Trägers
- 30 (1) durch ein äusseres nicht am Hohlkörper (2) anliegendes Zugelement (14) verbunden sind.
16. Verwendung von pneumatischen Trägern (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 15 als Trägerelemente im Hoch- und
- 35 Tiefbau.
17. Verwendung von mindestens zwei pneumatischen Trägern (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 15 als Brückenträ-

ger, wobei die Fahrbahnkonstruktion (13) auf die oben liegenden Druck/Zugelemente (5) aufgelegt und an denselben befestigt wird.